

УДК 692.232.7; 614.841.41

ОГНЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ СТЕНОВЫХ ПАНЕЛЕЙ С КАРКАСОМ ИЗ ТОНКОСТЕННЫХ ХОЛОДНОФОРМОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ СО СБОРНОЙ ОБШИВКОЙ ИЗ СТЕКЛОМАГНИЕВОГО ЛИСТА**А.И. ДУБАТОВКА***(Института жилища – НИПТИС им. Атаева С.С., Минск)*

Представлены результаты огневых испытаний опытных образцов легких каркасных стеновых панелей на основе стального оцинкованного каркаса из тонкостенных холодногнутых профилей со сборной обшивкой из стекломагнезитовых листов, с заполнением внутренней части целлюлозным утеплителем слоями. По результатам испытаний определен предел огнестойкости конструкции, соответствующий значению RE45; конструкции может быть присвоен класс пожарной опасности K0. Проведенные испытания легли в основу разработки листовой сборной огнезащиты строительных конструкций с применением целлюлозного утеплителя и стекломагнезитовых листов.

Для повышения технологичности возведения каркасных и панельных зданий, сокращения сроков и энергоёмкости строительства в мире всё шире используются технологии легких ограждающих конструкций. Представленная работа освещает результаты огневых испытаний образцов легких каркасных стеновых панелей на основе стального оцинкованного каркаса из тонкостенных холодногнутых профилей с обшивкой из стекломагнезитовых листов (СМЛ), с заполнением внутренней части и отделкой наружной поверхности панели целлюлозным теплоизолирующим материалом (эковата) [1].

Исследовательская часть. Испытания проводились на экспериментально-испытательном полигоне «Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь» (НИИ ПБиЧС МЧС Республики Беларусь) в период с 2011 по 2013 год¹.

Специалисты частного проектного унитарного предприятия «Моноракурс» при разработке конструкции панели строительной легкой (ПСЛ) руководствовались требованиями ТКП 45-3.02-156-2009 «Здания и сооружения, возводимые с применением изделий поэлементной сборки. Правила проектирования и устройства».

Испытания опытных образцов стеновых панелей проводились с целью определения предела огнестойкости и класса пожарной опасности по ГОСТ 30247.0-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования»; ГОСТ 30247.1-94 «Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции»; СТБ 1961-2009 «Конструкции строительные. Методы определения пожарной опасности». Всего было испытано 12 образцов.

В Республике Беларусь требования по минимальному пределу огнестойкости к слоистым ненесущим наружным ограждающим конструкциям устанавливает Технический кодекс ТКП 45-2.02-142-2011 «Здания, строительные конструкции, материалы и изделия. Правила пожарно-технической классификации» (табл. 4): «для зданий всех степеней огнестойкости, кроме I, достаточно достижения предела огнестойкости по потере целостности в 30 минут и класса пожарной опасности K0».

При разработке программы огневых испытаний рассматривались три направления для исследования вариантов совершенствования многослойных конструкций и повышения их огнестойкости при снижении количества и толщины слоев:

- применение усилителей стыков сборной обшивки, придающих демпфирующие свойства и увеличивающих податливость конструкции из сборных обшивок в целом для снижения трещинообразования;
- применение дополнительных защитных сухих штукатурных смесей, покрывающих слоем до 3 мм целлюлозный теплоизоляционный слой для повышения его огнестойкости при увеличении огневого и температурного воздействия на его незащищенную поверхность после повреждения наружной обшивки;
- применение дополнительного защитного наружного слоя из гипсокартонных листов и/или гипсокартонных листов с устройством дополнительного слоя стеклоткани поверх основной конструкции для предохранения и защиты поверхностей от трещинообразования.

Предварительная оценка пределов огнестойкости конструкции ПСЛ осуществлялась на основе ТКП 45-2.02-110-2008 «Строительные конструкции. Порядок расчета пределов огнестойкости», п. 5.9:

- по несущей способности – «горючесть материалов, из которых выполнена конструкция, не определяет ее предела огнестойкости»;

¹ В подготовке и проведении огневых испытаний принимал участие инженер Р.В. Твердохлебов.

- по теплоизолирующей способности – «предел огнестойкости слоистых ограждающих конструкций принимается равным сумме пределов огнестойкости отдельно взятых слоев. Увеличение числа слоев ограждающей конструкции (оштукатуривание, облицовка) повышает ее предел огнестойкости по теплоизолирующей способности».

Поэтому для удобства проектирования с применением ПСЛ были определены ее составляющие: основная конструкция и защитно-декоративное покрытие (рис. 1).

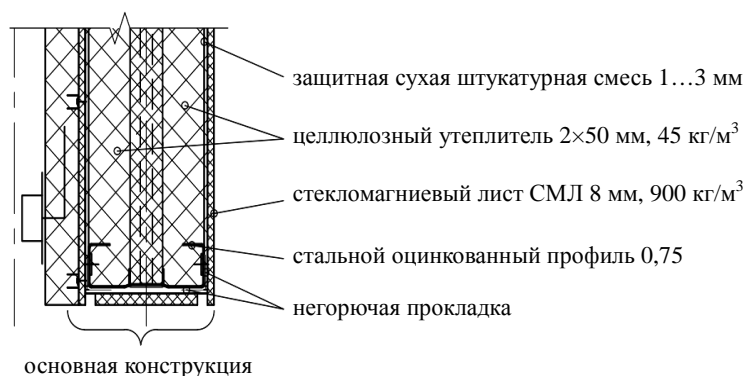


Рис. 1. Схема основной конструкции стеновых панелей

Для испытаний принята основная конструкция (см. рис. 1) по ТУ ВУ 690843910.001-2011 с дополнительными слоями в ряде испытаний из сухих штукатурных смесей для защиты целлюлозного утеплителя, наружных защитных обшивок из гипсокартонных листов и стеклоткани для защиты стекломagneвого листа основной конструкции от трещинообразования.

Во всех случаях элементы несущего каркаса панели были выполнены из холодногнутых оцинкованных С-профилей без термоперфораций в стенке толщиной 0,75 мм, установленных с шагом 600 мм. В качестве обшивки использовался стекломagneвый лист плотностью 900 кг/м³ в виде специальных сборных деталей толщиной 8 мм с устройством температурно-деформационных швов. Крепление обшивки выполнено саморезами по металлу с пресс-шайбой и буром 4,2×16 мм с шагом 150...250 мм.

В панели применен трехслойный теплоизоляционный слой: с двух сторон – эффективный целлюлозный утеплитель (эковата), уложенный с плотностью 45 кг/м³ слоями по 50 мм; в середине – температуровлагорегулирующая вставка из экструзионного пенополистирола толщиной 40 мм с внутренними пассивными воздушными каналами.

Для решения вопроса высокой теплопроводности металла и снижения «мостиков холода», а также для дополнительной защиты тонкостенных профилей от агрессивной среды листовых материалов (возможной коррозии) и скорой потери несущей способности под огневым воздействием в конструкции панели использовались специальные теплоизолирующие негорючие прокладки толщиной до 3 мм, расположенные между стекломagneвым листом и металлическим каркасом.

Измерение температурного воздействия. Огневые испытания проводились с внутренней, обращенной в направлении защищаемых помещений стороны 1 (рис. 2). С целью регистрации изменения температуры слоев снаружи и внутри испытываемых конструкций были установлены термодатчики.

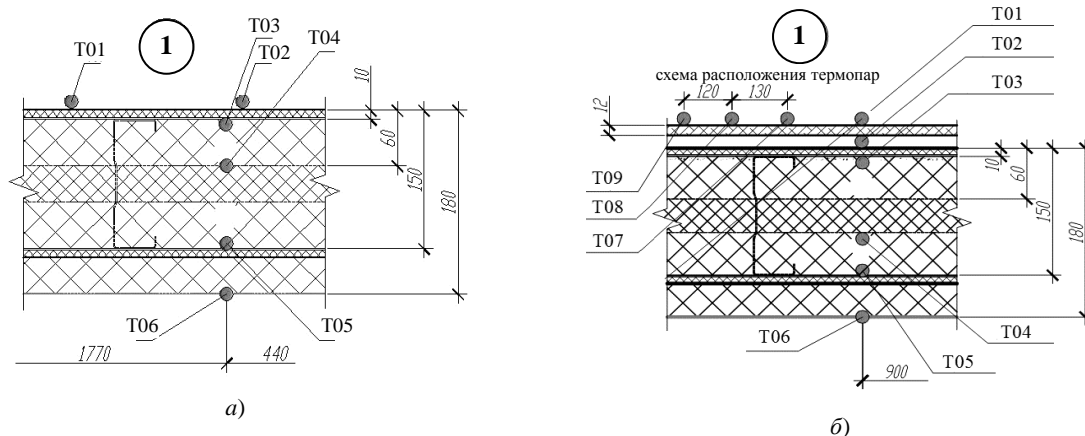


Рис. 2. Схема расстановки термодатчиков в образцах:
а – основной конструкции; б – с защитным покрытием из гипсокартона

Для основной конструкции со стороны огневого воздействия 1, начиная с наружного слоя (термопары T01 и T02), на границе слоев последовательно расставлялись термопары (см. рис. 2, а):

- T03 – между внутренней стороной первой наружной обшивки и наружной поверхностью первого целлюлозного теплоизоляционного слоя;
- T04 – между наружной частью температуровлагорегулирующей вставки и внутренней стороной первого целлюлозного теплоизоляционного слоя;
- T05 – между тыльной стороной второго целлюлозного теплоизоляционного слоя и внутренней стороной второй наружной обшивки;
- T06 – между фасадной поверхностью наружного целлюлозного теплоизоляционного слоя и воздушной средой.

Для конструкции с дополнительным защитным слоем из гипсокартонных листов со стороны огневого воздействия 1, начиная с термопары T01, на защитном слое и термопары T02, установленной между защитным и первым наружным слоями облицовок, на границе слоев последовательно устанавливались термопары T03...T06 аналогично схеме, описанной выше (см. рис. 2, б).

Регистрация хода огневых испытаний проводилась с применением видео- и фотооборудования. Исследование степени повреждения слоев после завершения огневого воздействия по всем трем направлениям осуществлялось визуально при послойном демонтаже каждого из слоев конструкции.

Проведение испытаний

Определение предела огнестойкости проводилось путем испытания огнем воздействием до 60 минут опытных образцов панелей размером 3,2×3,2×0,19 м без защитного покрытия, но с аналогичной расстановкой термопар (см. рис. 2).

По требованию испытательного центра данное огневое испытание проводилось первым по причине высказанных сомнений в огнестойкости данной конструкции, поскольку в ней применены горючие теплоизоляционные материалы со степенями горючести Г2 у экваты и Г4 у внутренней температуровлагорегулирующей вставки из экструдированного пенополистирола, расположенной между двумя слоями целлюлозного утеплителя. Обычно в подобных каркасных конструкциях применяют минераловатные утеплители со степенью НГ. Но в мировой практике известны примеры эффективного применения целлюлозного утеплителя в качестве материала для огнезащиты строительных конструкций [2].

В традиционных конструкциях легких каркасных стен проблема «мостиков холода» решается путем применения горючих прокладок между обшивкой и металлическим каркасом. Прокладки в таком случае работают только как теплоизоляция. При длительном огневом воздействии они выгорают, образуя полость между обшивкой и каркасом, что ухудшает противопожарные свойства и надежность крепления обшивки. Поэтому предлагается использовать негорючие прокладки толщиной до 3 мм.

В результате обследования испытанных образцов панелей обнаружено образование защитного слоя, похожего на керамику, на внешней поверхности прокладки, контактирующей со слоем обшивки со стороны огневого воздействия.

По результатам испытаний по определению предела огнестойкости конструкции было присвоено значение RE45. Требуемое значение E60 для зданий I степени огнестойкости теоретически легко достигается дополнительным слоем огнестойкого гипсокартона ГКЛО, который добавляет 15 минут огнестойкости.

Определение класса пожарной опасности проводилось путем испытания огнем воздействием до 45 минут опытных образцов панелей размером 2,5×2,5×0,19 м. Термопары установлены по схеме согласно рисунку 2, б. Датчик T03 показал, что первый целлюлозный теплоизоляционный слой начал интенсивно прогреваться только после 16 минуты (рис. 3), что было вызвано началом образования трещин в обшивке из стекломагнезового листа толщиной 8 мм со стороны огневого воздействия. Данный факт подтверждает хорошие огнезащитные свойства СМЛ плотностью выше 900 кг/м³ – 8 мм этого материала эффективно сдерживали воздействие высокой температуры 600...650 °С в течение первых 16 минут, тогда как на его внутренней поверхности термопары фиксировали температуру в 75...100 °С.

На отрезке 25...30 минут при температуре 325 °С график приобрел вид прямой. Это значит, что, несмотря на продолжение повышения температуры в печи (линии графика T01, T02), температура целлюлозного утеплителя перестала повышаться. С 30-й и до 36-й минуты было отмечено падение температуры в среднем на 15 °С. Данное явление можно, предположительно, объяснить тем, что в целлюлозном утеплителе начался процесс дегидратации – выделения химически связанной воды из антипиреновых добавок, входящих в состав данного утеплителя (борной кислоты и буры). С 36-й минуты испытаний на поверхности первого целлюлозного слоя начался плавный рост температуры, который после 40-й минуты превысил 350 °С. Даже после потери целостности СМЛ толщиной 8 мм датчик T03, расположенный под обшивкой, показывал температуру на 425...450 °С ниже температуры огневого воздействия. Показания датчика T04 указывают на то, что к 24-й минуте середина панели прогрелась всего до 50 °С, при этом к концу испытаний, на 46-й минуте, температура центра не превысила 100 °С. Температурный

режим наружных слоев стеновой панели оставался на начальном уровне без изменений, о чем свидетельствуют показания датчиков T05 и T06.

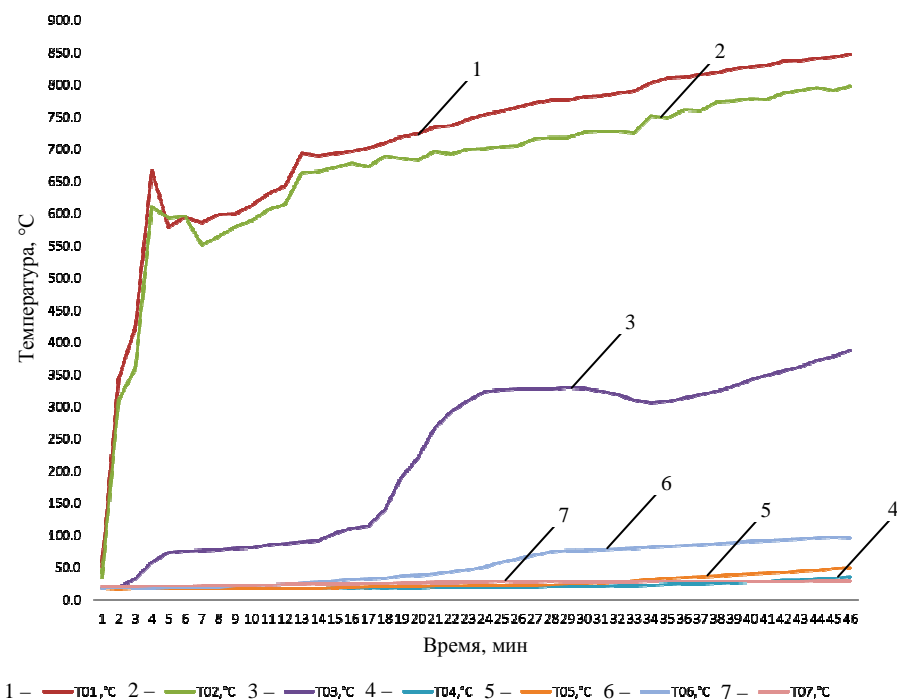


Рис. 3. Показания термопар при огневых испытаниях до 45 минут

Испытание до 45 минут по схеме (рис. 2, а) без защитного слоя ГКЛ. Элементы наружной обшивки в сочетании с теплоизоляционным слоем из эковаты толщиной до 50 мм и средней плотностью 45 кг/м³ показали себя как достаточная огнезащита от огневого воздействия длительностью 45 минут (рис. 4).

Испытание до 45 минут по схеме (рис. 2, б) с защитным слоем ГКЛ и стеклотканью. Для огнестойкости в 45 минут достаточно одного наружного слоя из гипсокартонных листов. Применение дополнительного покрытия в виде армирования стеклотканью для предохранения и защиты поверхностей от трещинообразования показало себя как очень эффективное. В течение 45 минут огневого воздействия проявилось активное трещинообразование поверхностного слоя из гипсокартонных листов. Благодаря армированию из стеклоткани (она находилась под наружным слоем из ГКЛ), которое потемнело, но сохранило целостность, защищаемая поверхность стекломagneйной обшивки осталась без трещин, а целлюлозный утеплитель лишь незначительно пожелтел в эпицентре температурного воздействия (рис. 5).



Рис. 4. Образец при испытании 45 минут без защитного слоя гипсокартона



Рис. 5. Образец при испытании 45 минут с защитными гипсокартонными листами и стеклотканью после демонтажа обшивки

Таким образом, в образцах по схеме, аналогичной рисунку 2, а, без защитного слоя гипсокартона при испытании до 45 минут имеют место вздутие и трещинообразование обшивок со стороны огневого воздействия, о чем свидетельствует рисунок 4. Вариант защиты по схеме (см. рис. 2, б) при испытании до 45 минут с защитными слоями гипсокартона и стеклоткани можно считать эффективным, если не брать в расчет его высокую стоимость.

Испытание до 45 минут по схеме (см. рис. 2, б) с защитным слоем ГКЛ. Учитывая вышесказанное, последующие испытания проводились с одним защитным слоем ГКЛ без дополнительного слоя стеклоткани. По результатам обследований образцов с защитным покрытием только из гипсокартонных листов обнаружено небольшое трещинообразование защищаемой поверхности (стекломагнезиевого листа СМЛ) в эпицентре огневого воздействия.

Заключение. Исходя из результатов испытаний на определение класса пожарной опасности стеновой панели ПСЛ может быть присвоено максимальное значение К0. То есть несущая наружная стеновая панель ПСЛ на основе стального оцинкованного каркаса из тонкостенных холодногнутых профилей, с обшивкой из стекломагнезиевых листов СМЛ и заполнением внутренней и наружной части целлюлозным теплоизолирующим материалом эковата соответствует необходимым требованиям пожарной безопасности и может применяться в зданиях любой степени огнестойкости.

Проведенные испытания легли в основу разработки огнезащиты строительных конструкций с применением целлюлозного утеплителя и стекломагнезиевых листов. Вопрос снижения стоимости огнезащиты строительных (особенно металлических) конструкций является весьма актуальным, так как стоимость существующих решений листовой огнезащиты довольно высокая, поскольку для этого используются дорогостоящие импортные материалы.

На основе проведенных огневых испытаний разработан менее дорогостоящий вариант сборной листовой огнезащиты с применением в качестве основных материалов целлюлозного утеплителя (эковаты) и облицовки из стекломагнезиевых листов. Производство эковаты в Беларуси освоено уже давно, а стекломагнезиевый лист СМЛ можно изготавливать из местного сырья ОАО «Доломит» (Витебск). Таким образом, предлагаемая огнезащита может быть полностью отечественным продуктом [3]. Огнезащиту предлагается укрупнительно собирать на предприятии и поставлять на объект сборными пакетами. При этом экономия по стоимости, по предварительным расчетам, составит порядка 40 %, по весу – от 15 до 25 %. Следовательно, можно констатировать, что полученные результаты проведенных нами исследований позволят повысить эффективность существующих систем огнезащиты на основе листовых материалов и за счет более рациональной конструкции снизить их стоимость, вес и трудоемкость сборки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dubatovka, A. Fire tests of cold-formed steel structures. Wall slab with magnesium oxide assembled cladding / A. Dubatovka, R. Tverdokhlebov, S. Starovoi'tov // Proc. 7th European Conference on Steel and Composite Structures "EUROSTEEL 2014", 10 – 12 September 2014, Naples, Italy, 11/41-395.
2. Kolarkar, P.N. Structural and Thermal Perfomance of Cold-Formed Steel Stud Wall Systems under Fire Conditions: PhD dissertation / P.N. Kolarkar; Queensland University of Technology. – Brisbane, Australia, 2010.
3. Дубатовка, А.И. Конструктивные системы зданий с применением ограждающих конструкций из стеновых панелей на основе стекломгнезитовых листов: дис. ... магистра строительства / А.И. Дубатовка; БНТУ. – Минск, 2012. – 86 л.

Поступила 02.06.2015

FIRE TESTS OF COLD-FORMED STEEL STRUCTURES WALL SLAB WITH MAGNESIUM OXIDE ASSEMBLED CLADDING

A. DUBATOVKA

The fire test samples have been blank wall slabs for the fire effect. Load bearing framework elements are made of thick C-shaped cross-section steel profiles. External cladding elements of magnesium oxide wallboard thick in combination with the cellulose heat insulating layer proved themselves as sufficient fire protection. Tests have confirmed efficiency of proposed constructive solutions and started the development of complex multilayered system of fire protection for steel and reinforced concrete construction on the basis of magnesium oxide assembled cladding and cellulose insulation.